

主办单位

- 中国科协学会工作部
- 中国科协普及工作部
- 中国科协继续教育中心
- 中央电视台
- 中国质量管理协会
- 中国电子学会
- 中国仪器仪表学会
- 中国通信学会

傅光民等 编著

可靠性工程与管理 电视讲座教材

人民邮电出版社

《可靠性工程与管理》电视讲座和函授班教材（一）

主办单位 中国科协学会工作部 中国科协普及工作部
中国科协继续教育中心 中央电视台
中国质量管理协会 中国电子学会
中国仪器仪表学会 中国通信协会

可靠性工程与管理电视讲座教材

傅光民、曹予河、高祥珠、周元初、
卓礼章、郁时霖、许甫 等编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是《可靠性工程与管理》电视讲座节目用配套教材，系统介绍了可靠性工程与管理的重要意义和基本概念，简要叙述了可靠性物理、可靠性设计、可靠性试验、生产过程的可靠性保证、可靠性数据收集与应用、元器件质量认证与认定、安全性设计与试验、产品维修服务与质量跟踪、机械可靠性管理等内容以及有关行业、工厂、研究所等单位具有普遍意义和行之有效的实践经验。

本书可供各工业系统主管部门、工厂、研究所的领导干部和管理人员阅读，对于工程技术人员及有关院校师生也有参考价值。

可靠性工程与管理电视讲座教材
KEXIAOXING GONGCHENG YUGUANLI
LIANSHI JIANGZUO JIAOCAI

傅光民等编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京密云春雷印刷厂印刷

人民邮电出版社发行

开本：787×1092 1/16 1988年10月 第一版

印张：21 页码：98 1993年1月北京第2次印刷

字数：400千字 印数：20001—30000册

ISBN 7-115-03808-2/Z·129

定价：8.50元

《可靠性工程与管理》电视讲座和函授班

主办单位

中国科协学会工作部	中国科协普及工作部
中国科协继续教育中心	中央电视台
中国质量管理协会	中国电子学会
中国仪器仪表学会	中国通信学会

教育委员会

顾问:

盛树仁	高镇宁	宋季文	刘 恕	张五球
叶柏林	陈保定	马怀祖	刘源张	

主任委员:

宋直元

副主任委员 (以姓氏笔划为序):

丁俐丽	牛田佳	邓震垠 (常务)	朱玉龙	
成银生	李传卿	陆廷杰	罗国英	林振申
苑郑民	钟 良 (常务)	魏学兴		

委员 (以姓氏笔划为序)

马 林	马桂夫	么子臣	王圣媛	王相龙
宁云鹤	史定华	汪元江	刘宗仁	过元柄
庄巽君	陈 刚	陈章豹	牟致忠	何国伟
郎锋军	杨为民	周 济	周维田	杨定亚
林中强	单永铮	茆侍松	陆洪时	徐运忠
张庆龙	殷鹤林	程光辉	傅光民	裘履正

承办教学单位：

上海电子学会可靠性与质量管理专业委员会
上海第二工业大学
中国电子产品可靠性与环境试验研究所
《电子技术》杂志社

教研组

组长、教育录像和教材主编：

傅光民

副组长：

裘履正

成 员（以姓氏笔划为序）：

马怀祖	史定华	许 康	庄昊君	牟致忠
罗 威	林中强	卓礼章	郁时霖	茆侍松
费鹤良	倪正铭	夏春镗		

前 言

可靠性 (Reliability), 是产品的重要质量指标。可靠性高, 意味着寿命长、故障少; 可靠性低, 意味着寿命短、故障多。电视机的平均无故障工作时间, 汽车的平均无故障行驶公里数, 运载火箭的发射成功率等都是产品的可靠性指标。

可靠性工程与管理是 40 年代以来迅速发展起来的新兴综合学科, 涉及数学、物理、化学、电子、机械、环境、管理以及人机工程等各个领域。它致力于研究提高产品可靠性, 包括从原材料、元器件、零部件到整机及系统的各个环节。从研究、设计、制造到使用及维修的全寿命周期, 是一个十分复杂的系统工程。国内外的实践表明, 可靠性工程与管理技术的应用, 为企业与社会带来了巨大的经济效益, 因而引起世界各国的普遍重视与关注, 纷纷投入大量人力物力进行研究和推广应用。产品的可靠性, 已经成为当今国际和国内市场竞争的焦点。

1987 年 9 月国家经委、国家机械委、国防科工委、劳动人事部、广播电影电视部、中国科协联合发文决定, 由中国科协、中央电视台、中国质协、中国电子学会、中国仪器仪表学会、中国通信学会联合主办全国性的可靠性工程与管理电视讲座和函授班。中国通信学会为牵头单位, 承担组织工作。上海电子学会可靠性与质量管理专业委员会、上海第二工业大学、中国电子产品可靠性与环境试验研究所、《电子技术》杂志社承办教学工作。聘请上海市第二工业大学可靠性研究室主任傅光民同志、上海自动化仪表研究所高级工程师裘履正同志负责组成教研组, 承担制订电视讲座及函授班的教学大纲、提出课程设置及详细提纲、组织编写剧本及全套书面教材的工作。经教学双方共同努力, 第一期教学取得了良好成果。

近几年来, 产品可靠性工作开始得到重视和加强, 产品可靠性规划、设计、试验、失效分析、评审、鉴定、指标考核和相应的管理、监督逐步开展, 特别是国标、行(部)标和产品质量分等标准中对产品可靠性作为限期必须考核的项目实行以来, 机电产品质量有了一定程度的提高。但是, 发展极不平衡, 我国产品与工业先进国家的同类产品相比, 仍有较大差距。开展可靠性工作要从人才培养入手。为了进一步在全国范围培养大批可靠性工程技术人才和可靠性管理人才, 促进可靠性工作的全面开展, 大幅度提高我国产品可靠性质量, 1992 年 9 月, 人事部、中国科协、机械电子部、国防科工委、广播电影电视部、航空航天部、邮电部、国家技术监督局联合发文决定, 由中国科协学会部、普及部、继续教育中心, 中央电视台和上述四个全国性学会(协会)联合主办第二期可靠性工程与管理电视讲座和函授班。中国通信学会为牵头单位, 承担组织工作。为了加强组织领导, 聘请国家计委、国务院电子信息推广办公室、上述发文单位、主办单位和有关院校、科研院所、企业等单位的领导干部、专家、学者组成可靠性工程与管理电视讲座和函授班教育委员会(第二届)。教学承办单位、教研组负责人同上届。

联合发文指出: “提高产品质量, 是国民经济和社会发展的一项长期战略任务, 在加快改革开放和经济发展的新形势下, 尤为重要。提高产品可靠性是提高产品质量和提高产品社会、经济效益的基础, 也是繁荣市场, 促进出口, 保证产品上台阶, 在商品竞争中赢得主动权的必要条件。” “各级经济管理部门, 各有关部门, 各企业和相关的科研、设计、生产、监督、试

作。

根据岗位培训的实际需要，教学设管理班与工程班。管理班学员是有关企业、研究所以及主管部门的领导干部与管理人员。学员应收看中央电视台第一套节目播出的22集电视教学片（每集50分钟），自学《可靠性工程与管理电视讲座教材》，参考《可靠性管理》一书，工程班学员是工程技术人员及可靠性与质量管理工作人员。学员除收看电视讲座，学习《可靠性工程与管理电视讲座教材》、《可靠性数学》、《可靠性物理》、《可靠性管理》外，选学《可靠性设计》、《锡焊技术与可靠性》、《可靠性试验》、《环境试验》、《机械可靠性》等五门课程中的一门。这九本书构成一套较系统、全面的可靠性教材。

在教材编写中，认真贯彻理论联系实际、学以致用方针，注意系统性、实用性，着重阐明物理概念，给出定性分析、定量计算方法及运用实例，避免繁琐的数学推导。内容以民用电子设备为重点，讲授可靠性通用技术，兼顾仪器、仪表、通信、航天、航空、轻工等系统的部分应用实例。通过电视讲座及函授学习，可以帮助学员了解可靠性工程与管理的发展历史与重要意义；掌握可靠性工程与管理的主要工作内容及本岗位的可靠性技术（可靠性设计、制造、试验及管理）；了解部分企业、研究所具有普遍意义、行之有效的实践经验；从而提高可靠性工程与管理技术水平，提高产品可靠性。为此，教材请国内有较丰富工程与教学实践经验的同志编写，总结国内外富有成效的可靠性工作案例，广泛参考国内外可靠性书刊及论文，有较广泛的适用性和较高的实用性，可作为在职可靠性岗位培训的教材，也可作为大专院校可靠性与质量管理专业的参考教材。

在教材编写及电视教学片摄制过程中，得到中央有关部委、有关全国性学会（协会）、上海及各地工厂企业、研究所、大专院校等50多个单位200多位同志的大力支持、指导和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间紧迫，工作量很大，组织编写、摄制系统性的可靠性教材及电视教学片尚属首次，缺乏经验，错误不妥之处，敬请读者批评指正。

教育委员会

1988年3月

编者的话

本书是《可靠性工程与管理》电视讲座和函授班教材（一），是同《可靠性工程与管理》电视教学片配套使用的书面教材。

可靠性是产品的重要质量指标。可靠性工程与管理是研究产品可靠性的综合学科。为大幅度提高我国机械、电子等产品的可靠性，各工业系统的领导干部、管理人员以及工程技术人员迫切需要了解和掌握这门新兴学科。

本书着重讲述可靠性工程与管理的重要意义、基本概念及设计、制造、试验、使用、维修等全过程的工作内容和实践经验。目的是使读者了解可靠性这一复杂的系统工程的概貌及意义，增强开展可靠性工作的决心，提高领导决策与管理的水平，推动可靠性工程与管理工作的健康发展，提高产品的可靠性。

考虑到行业广泛而电视讲座的容量有限，我们以量大面广的民用电子产品为重点，系统讲述通用的可靠性工程与管理技术，适当兼顾其它行业的应用实例。为了提高教学效果，尝试用案例教学的方法，既有现场应用的大量实例，又注重内容的系统和完整。实际上，由于许多读者所从事工作的范围或内容有限，往往难以涉猎如此广泛的各种实例。我们相信，读者了解这些内容定会裨益。

本书在编写过程中，特别是在摄制电视教学片当中，得到有关部、委和有关学会（协会）的大力支持和帮助；许多专家、学者及工厂和研究所的工程技术人员提供了大量资料及素材，开放了设计、制作、试验、分析等现场，启动了大量设备，为教学工作作出了重要贡献；菲诗松、裘履正、李维六、杜立柱、许康、倪正铭、邬熊飞、郁时霖、顾奕祥、费鹤良、郭可谦等同志还分别为各讲审稿，裘履正同志对全书又作了复审。在此，一并向他们表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，经验不足，加之编写时间仓促，书中难免存在缺点和错误，希望读者批评指正。

作者

1988年8月

目 录

第 一 讲	可靠性在国民经济中的战略地位	1
第 二 讲	可靠性概论 (一)	7
第 三 讲	可靠性概论 (二)	12
第 四 讲	可靠性管理 (一)	19
第 五 讲	可靠性管理 (二)	26
第 六 讲	军用电子元器件高可靠“七专”工作的组织与管理 (一)	35
第 七 讲	军用电子元器件高可靠“七专”工作的组织与管理 (二)	41
第 八 讲	可靠性物理 (一)	46
第 九 讲	可靠性物理 (二)	52
第 十 讲	可靠性设计 (一)	59
第 十 一 讲	可靠性设计 (二)	65
第 十 二 讲	电子元器件质量认证	72
第 十 三 讲	电子元器件质量认定	79
第 十 四 讲	生产过程的可靠性保证 (一)	85
第 十 五 讲	生产过程的可靠性保证 (二)	94
第 十 六 讲	可靠性试验	104
第 十 七 讲	环境试验 (一)	114
第 十 八 讲	环境试验 (二)	121
第 十 九 讲	安全性设计与试验	129
第 二 十 讲	维修服务与质量跟踪	137
第 二 十 一 讲	可靠性数据收集与应用	143
第 二 十 二 讲	机械可靠性	150
可靠性工作案例之一	机械工业系统可靠性工作概况	159
可靠性工作案例之二	中国航空可靠性工程的发展	164
可靠性工作案例之三	自动化仪表行业可靠性工作的 8 年实践	168
可靠性工作案例之四	邮电工业可靠性工作 12 年的回顾与展望	174
可靠性工作案例之五	民用电子产品可靠性管理实践 10 年	181

第一讲 可靠性在国民经济中的战略地位

盛 树 仁

一、提高产品质量是我国经济建设战略的一项基本要求

党的第十三次代表大会指出：“我国经济建设的战略部署大体分三步走，第一步的任务已基本实现，最重要的是走好第二步，即到本世纪末，使国民生产总值在比1980年翻一番的基础上再增长一倍，人民生活达到小康水平。为了达到这个目标，必须坚定不移地贯彻执行注重效益、提高质量、协调发展、稳步增长的战略。它的基本要求是，努力提高产品质量，讲求产品适销对路，降低物资消耗和劳动消耗，实行生产要素合理配置，提高资金使用效益和资源利用效率。”党的十三大把产品质量摆在如此重要的战略地位，这是经济建设发展的需要，也是改革、开放的需要。

产品质量是工业企业经济效益的基础。作为使用价值，它是价值的物质承担者。可以说，从一定的意义上讲，产品质量的好坏，对于经济效益的高低起着决定性的作用。我国经济建设的发展，必须以提高经济效益为前提，因而也必须不断促进产品质量的提高；否则，我们就不能胜利实现经济建设战略的第二步任务。因为人民生活的小康水平，不可能建立在产品水平低、质量差、经济效益不好的基础之上。“七五”计划曾经规定，到1990年，我国的主要工业产品，应当有40%达到国际上70年代末、80年代初的水平；党的十三大又进一步提出，到本世纪末，工业主要领域在技术方面也要接近这个水平。这是一项意义深远、重大而又十分艰巨的任务。为了做到这样，我们不仅要确保现行生产的产品质量是好的，而且还必须采取坚决措施，以极大的紧迫感加快赶上国际先进水平的步伐，大幅度、大面积地提高主要工业产品的质量水平。为此，必须大力推动工业企业的技术进步，同时相适应地推动在质量方面的管理进步。

提高产品质量必须坚持改革，不改革就不可能赢得高质量。改革的深化，又要求我们必须重视质量，切实把质量摆在战略地位来抓。大家知道，城市经济体制改革的中心环节是增强企业的活力，特别是大中型企业的活力。当前改革的深入，主要是在企业中普遍推行承包经营责任制，使企业能够自主经营，并逐步做到自我发展、自我改造。企业有了经营权以后，在制定经营决策中，必然会遇到一个十分突出又十分重要的问题，即在社会主义有计划的商品经济的情况下，应当生产什么样质量水平、能够创造多少经济效益的产品。归根到底这是一个社会需要、市场需要、用户需要的问题，是一个用多少活劳动和物化劳动来生产这种产品的问题，一句话，如何使产品能够得到社会承认。这是企业经营的出发点和落脚点。有了这个目标，企业深化内部改革、推动技术进步、提高管理水平就有了充实的内容。因此，能不能正确处理这个问题，直接关系到能不能使承包经营责任制不断完善和发展，企业自我发展、自我改造能不能逐步实现。也就是说，关系到改革的深化。

提高产品质量还必须坚持开放，不开放就不能引进国外先进技术，提高我们产品质量的水平。同时，开放又需要我们提高产品质量，使产品在国际市场具有竞争能力，能够不断增加创汇能力。从一定的意义上讲，创汇能力的大小，会直接影响到开放的程度；而产品质量的高低，又会直接影响到创汇能力的大小。另一方面，实行开放，还意味着外国商品会到我

们的市场上来，其中有些商品是必需的，有些则是我们虽然能生产，但在品种、质量上还不能适应现代化建设的需要。关键的问题仍然是质量。这就要求我们的工业必须迅速增长进口替代的能力以节约外汇，以利把有限的外汇用到更必需的一些项目上。因此，不论从创汇还是节汇的角度看，加快提高产品质量的步伐，对于进一步开放，有着很重要的意义。

总之，我们一定要充分认识提高产品质量对于经济建设和改革、开放的重大战略意义，下大决心把这个问题提到重要议事日程上来，为提高质量作坚持不懈的努力。

二、可靠性是产品质量的一项重要标志

提高产品质量，必须首先弄清什么是产品质量。这里有一个更新质量概念的问题。过去我们看质量，往往是以现行标准、现行技术要求为尺度来衡量，凡是符合这个尺度的产品，就被认为是质量好的产品。随着现代科学技术的迅猛发展和市场竞争的日趋激烈，这样的质量概念越来越不能适应形势发展的需要了。要求产品符合现行标准、现行技术要求，这是完全正确的和必要的，但这样的产品只能被认为是“合格”的而不一定是质量好的产品。如果现行标准落后，那么，百分之百的“合格”也就是百分之百的落后，而落后的产品是不能适应现代化建设和改革、开放需要的。因此，质量概念必须更新。我们应当确立的概念是：产品质量就是产品的适用性。适用，就是要适合社会需要，适合用户需要。需要是不断增长和发展的，质量也应当不断提高。随着科学技术的迅速发展，无论在国际市场或国内市场上，产品的更新周期越来越短；只有不断更新产品，提高质量，产品才会有竞争力，企业才能生存和发展。

产品的适用性是一个科学的概念，它是由设计质量、制造质量、使用质量、服务质量等综合形成的。从设计质量、制造质量、使用质量到服务质量，也是产品的适用性形成的全过程，其间任何一个方面的质量不好，都会使产品不能达到应有的适用性水平。在产品适用性的形成过程之中，设计质量是决定性的因素。设计质量不好，产品的适用性就无从谈起。确保设计质量是一项专门的学问，它包括如何做好市场调研，弄清社会需要，还包括如何运用适当的技术来适应社会需要和设计出具有经济合理性的产品。制造质量也是一项专门的学问，它要解决的问题是如何在制造过程中确保设计质量的实现。这里想着重谈谈使用质量，即产品在使用过程中的可用性，也称有效性，它的定义是：“可以维修的产品在某时刻具有或维持规定功能的能力。”这是用户十分关心的一种质量特性。特别是具有现代技术水平的复杂产品，它的可用性就尤为被用户所关注。可用性固然也涉及到是否善于使用，但主要决定于产品自身的质量水平，即产品的可靠性水平以及维修性水平。可靠性的定义是：“产品在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力”。显而易见，无论对生产资料类商品还是消费资料类商品来说，这种能力对于用户都是具有重要意义的。因为对于生产资料用户来说，可靠性水平的高低将决定所购设备或系统的正常运行，并且影响到生产成本，从而影响到企业经济效益；对于耐用消费品的用户来说，它也直接影响到产品的正常使用和为使用付出的费用。可以说，越是技术复杂和价格越高的产品，用户对于它的可靠性也就越重视。除了只顾一时利益或受蒙蔽的用户以外，不会有任何用户去购买那种价格虽然低廉但可靠性很差的产品。至于维修性，其定义为：“在规定条件下使用的产品，在规定的时间内，按规定的程序和方法进行维修时，保持或恢复到完成规定功能的能力”。它决定于产品的维修性设计。也就是说，在产品设计时，就要充分考虑维修的难易程度。一个不易修复的产品，也会给用

户造成很大不便，甚至是严重的损失。当然，修复的时间还与后勤支援有关，因而还必须创造必要的维修条件，保证元器件和零配件的供应，重视维修人员的培训。

随着改革、开放和现代化建设的发展，可靠性问题已逐步引起了一些行业的重视，并在提高可靠性水平的实践中取得了可喜的成果。比如通信设备是一种对可靠性要求比较高的设备，为了提高我国通信设备的质量，邮电工业系统从1975年开始，就把提高可靠性水平的问题提上了工作日程，还举办了第一期学习班。从1975年到现在的12年来，特别是十一届三中全会以后，他们坚持以提高可靠性水平为目标，于1981年颁发《邮电工业可靠性管理若干规定》，并根据几年的实践经验，于1984年将若干规定修订为《邮电工业产品可靠性管理条例》；同时，在坚持举办学习班，普及可靠性知识的基础上，一手抓组建的可靠性管理网，一手抓新产品的可靠性设计和老产品的可靠性补课。通过这样一系列的工作，目前邮电行业在可靠性工程和可靠性管理方面已奠定了初步基础，通信设备的质量水平特别是可靠性水平也有了明显提高，同时还积累了一些如何提高产品可靠性水平的可贵经验。再如电子部门在这方面的成绩也是显著的，起步的时间同样是1975年，工作的迅速开展则在十一届三中全会以后。从1980年到现在，他们召开过三次全国性的电子工业可靠性会议，每一次会议都标志着可靠性工作向前迈进了一大步。经过7年的努力，对电子设备的可靠性，已从定性分析开始进入定量分析；在工作上已从对可靠性进行摸底试验发展到普遍开展可靠性设计；同这种变化相适应，还加强了可靠性方面的理论研究，建立了电子行业可靠性研究的基地，许多单位建立健全了可靠性工作机构，初步形成了一支骨干队伍。由于坚持抓了这样一系列的工作，电子产品的可靠性有很大提高：黑白电视机的平均无故障工作时间已达5000小时，优质产品达10000小时；彩色电视机则达15000小时，优质产品大于20000小时；小型计算机系统为1000小时，微型计算机达3000小时；通过质量认证的电子元器件的可靠性，平均水平已达6级以上。除邮电、电子行业外，航天部门在这方面的成绩也十分突出，运载火箭的连续发射成功，通信卫星在太空正常运行4年以上，就是航天工业系统可靠性工作成果的集中体现。机械工业系统、航空工业系统在可靠性指标考核，可靠性试验、失效分析、理论研究、人才培养等方面也做了一系列工作，取得了显著成果。这里就不一一列举了。

总之，提高产品的可靠性水平，对于提高产品质量是至关重要的，这已为大量的事实所证明。据说国外有人认为，今后能在国际市场上竞争而存在的，只有那些了解并能控制其产品可靠性的企业；还有人断言，今后产品竞争的焦点是可靠性。这些看法值得重视。从我们的情况看，随着改革、开放方针的深入贯彻执行和国民经济的迅速向前发展，对产品质量重要性的认识虽然仍有待于进一步提高，但总的说，确实已引起工业企业的普遍关注。但是，对于产品可靠性是产品质量的重要内容，提高产品可靠性对于现代工业企业和现代化建设的极为重要的意义，现在还确实没有得到普遍重视。因此，加强这方面的宣传，加强可靠性知识的普及，无疑是很有必要和很有意义的。

三、提高产品的可靠性水平，必须首先

从学习可靠性知识做起

用户都希望产品能具有较好的可靠性，这是很自然的；但对于企业来说，如何按照用户的要求，力求生产出具有一定可靠性水平的产品，则是一件十分复杂的事情。可靠性的数量表示是平均无故障工作时间，它是故障率的倒数。对于一个技术水平较低的产品来说，因为

影响可靠性的因素不算多，解决这个问题并不复杂。而对于一个现代的技术水平较高的复合产品来说，由于它技术要求高，又是由成千上万、甚至数十万个零件和元器件组成的，往往一根导线的虚焊和一个元器件的失效，就会导致整个产品出现严重故障。特别是随着现代科学技术的飞速发展和市场竞争的日趋激烈，现代产品更新换代的周期也相应缩短，这就不仅要求产品具有高可靠性，而且要求以尽快的时间去实现这种高可靠性。在这样的情况下，提高可靠性水平的工作必须进一步科学化，即不是用传统的方法，而是用现代化管理的方法去取得这种进步。可靠性工程和可靠性管理这门科学，正是在这种情况下应运而生的。可以说，不学习和掌握这门科学，就很难顺利解决提高现代产品可靠性水平的问题。

产品质量问题是一个系统问题，作为产品质量的重要组成部分的可靠性，同样是一个系统问题。从产品本身来看，它的可靠性是组成这个产品的各个子系统、组件、元器件、零部件的可靠性的综合反映；从工作来看，它又是设计、制造、使用、维修等各方面质量的集中表现。因此，提高可靠性水平的任务，只靠质量工作部门或可靠性工作人员是不能完成的，必须从设计开始一直到售后服务各个环节的工作人员共同努力才能实现。因此，学习和掌握可靠性工程和可靠性管理这门科学，不仅对于质量部门的工作人员是必要的，而且是一切有关部门的工程技术人员、管理人员和领导干部的共同任务。

可靠性的数量化，是可靠性工程和可靠性管理成为一门科学的基础。对于一个新产品来说，为了使产品达到一定的可靠性水平，首先要按照可靠性数量化的程序，把用户需要的可靠性指标合乎规则地分配给产品的各个子系统，再把子系统的可靠性指标分配给组成子系统的各个部件，还要进一步把每个部件的可靠性指标分配给组成部件的每个元器件与零件。这种按层次把可靠性指标逐级分配的工作，是可靠性工程和可靠性管理得以开展的十分重要的工作。这一步走得好，就可以为整个工作创造一个顺利进展的前提条件，并有可能收到提高可靠性水平的预期效果。因此，一切同可靠性工程和可靠性管理有关的技术人员和管理人员，都应当懂得可靠性数量化的程序。对于设计人员来说，仅仅懂得这种程序还不够，还必须善于掌握这种程序的要点，以确保可靠性数量化的程序能够合乎规律地进行。比如，首先必须明确对产品的性能要求，以及产品工作时的外部条件和预期达到的可靠性目标。这是一个必须掌握的要点，因为任何可靠性都是在一定的自然条件、运行条件下的可靠性，离开了明确的外部条件，可靠性的具体研究就无从谈起。其次，由于产品是一个系统，它的可靠性水平受制于它的各个子系统和组合单元，因此，弄清系统、子系统和组合单元之间在可靠性上的关系，弄清各子系统和组合单元的功能、运行条件及其在形成产品可靠性中的地位和作用，同样是很重要的。有了这方面工作的基础，才有可能按照产品可靠性目标总的要求，逐项确定各个子系统及其部件直到组成各个部件的元器件的可靠性目标。很明显，只有各个子系统及其部件的可靠性目标达到了，整个产品的可靠性要求才能实现。因此，抓住这个要点是非常重要的。再次，对产品的可靠性进行科学的分析和预测，则是又一个必须掌握的要点。对于一个新产品来说，为了在设计过程中确定产品的可靠性指标，事前必须对可靠性作出估计和预测，并通过分析找出影响可靠性的关键问题，提出在使用过程中应当注意的事项和改进设计的途径。这种分析和预测的质量如何，关系到可靠性工程和可靠性管理能否顺利进行。由于分析和预测的工作，只能在产品的制造和使用以前进行，因而它所依靠的也只能是设计资料和过去的故障经验。这就要求必须搜集和掌握大量的资料和数据。以上提出的只是几个要点，目的是想说明可靠性工程和管理是一门科学，不学习就不能掌握它。

前面说过，可靠性是涉及到企业许多部门的一个系统工程，为了使一切同可靠性有关的

部门都能各司其职地为达到预期的可靠性目标而协同奋斗，就必须有一个统一的可靠性的工作规划。这既是一个按时间分步骤确定工作内容的规划，又是一个按部门定目标确定工作职责的规划。前者要求对可靠性工程的全过程作出周密的安排，包括从研究设计开始，经过试制、分系统测试、系统试验直到生产交付等各个阶段应当完成的任务；后者则是明确企业的各个有关职能部门，如设计、工艺、生产、质量、器材、服务等科室，在前述各个阶段中应当承担的责任。比如，为了使可靠性数量化，首先必须弄清产品的性能、产品工作时的环境条件以及产品可靠性目标应以何种量度单位来表示。如果在这三个方面没有明确一致的认识，可靠性的数量化就难以进行。因此，从全过程来说，这就是第一项必须进行的工作。从部门分工来看，这又是设计部门必须完成的第一项任务。再如，对于工艺部门，为了确保达到设计规定的可靠性目标，就必须对致使产品发生故障的加工方面的原因有清楚的了解，并选择最有效的制造工艺和装配工艺，以确保设计要求的实现。从上述的说明不难看出，一个科学的可靠性工作规划的产生和付诸实施，不仅要求一切有关部门的工作人员具有和本部门承担的任务直接相关的专业知识，而且还必须要求对可靠性工程和管理都能有基本的了解，否则，这个规划就不可能顺利实施。因此，在一切有关人员中普及可靠性工程和可靠性管理的基本知识，是完全必要的。

四、加强领导，力争收到较好的学习效果

第一，充分认识这次学习的重要意义

搞好学习要有股劲头。对学习的重要意义缺乏认识，对掌握可靠性知识没有紧迫感，也就不可能渴求求知，勤奋好学。在这里，首先是有关企业、事业单位的领导同志要有这股劲头。要明确认识到这次学习对于提高产品质量和深化全面质量管理，进而对于改革、开放和现代化建设的重要意义，切实做好对学员的宣传教育工作，引导和带动全体学员珍惜和抓住这次学习的时机，下决心学好可靠性工程和管理的基本知识，为把本单位的产品质量提高到一个新的水平作出贡献。

第二，要刻苦钻研并善于抓住可靠性知识的要点

提高产品的可靠性水平，是摆在现代工业的许多行业面前的一项紧迫任务。这就是说，学习和掌握可靠性知识是这些行业的一项共同的需要。同时，由于各个行业的生产和产品具有各自不同的特点，因而可靠性工程和管理在不同行业又必然具有不同的表现形式。对一个企业来说，由于提高可靠性水平是一项同各个科研、生产、管理的业务单位都有关联的系统工程，因而学习和掌握可靠性知识对各个有关单位来说都是必要的；但不同的业务单位在可靠性工程和管理中只承担一部分与己有关的任务，它们各自的工作内容和工作方法也不会一样。正因为如此，不同行业 and 不同业务单位的同志，在共同学习可靠性知识的时候，一定要切实把基本知识学好，不但要知其然，而且要努力做到知其所以然。也就是说，要切实抓住可靠性知识的要点，真正掌握住这门科学的基本的原理原则。有了这个基础，才有可能弄清可靠性工程和管理为什么在不同行业有不同的表现形式，为什么对不同业务单位有不同的工作要求。过去组织学习其他门类现代管理知识的实践经验证明，注意这一点是很重要的。它可以帮助我们加快掌握作为一门科学的某类现代管理知识的进程，避免认识上产生片面性和实际工作中走弯路。

第三，尽可能把这次学习和提高可靠性水平的实际工作结合起来

学习是为了应用。这次参加学习的同志，绝大多数都是在科研、生产、管理工作中有一定实践经验，而且今后有志于或受任于开拓可靠性工程和管理工作的同志，因此，这次学习是有条件把学习和实际工作结合得更好的。我们应当努力做到把学习的过程变成开展可靠性工程和管理准备过程，一俟学习结束，就可以把这项工作开展起来；已经开展并取得成绩的单位，则应当在学习结束之后使这项工作更上一层楼，开创出新的局面。为此，负责组织教学的同志应当尽可能搜集一些案例供学员研究探讨，有关单位则应对本单位如何开展可靠性工程和管理有一个大体的设想，并给参加学习的同志提出一定的工作任务。当然，这样办会有不少困难，但我们应当下这个决心，力争在这方面做出成绩。

第四，创造一个好的学习环境

组织学习是提高职工素质的一个重要途径。是否善于在职工中倡导、鼓励和培育为企业发展而追求新知识的勤奋好学的好风气，是衡量一个企业家是否有远见的一项重要标志。为了促进这种风气的形成，要办的事是很多的，其中一项就是要为参加各类短期业余培训的职工创造一个好的学习环境，为职工在一定的时间内集中精力学好专业知识提供可能的方便条件，对职工的学习情况还要进行认真的考核和评价。总之，要关心、支持和鼓励，而不要听之任之，不加过问。在学习中，由于学员的水平不一和经历有别，一些同志在一些问题上遇到困难是不足为怪的，对这些同志要及时地热情地加以辅导。指导教师不足也会是一个困难，要善于发挥优秀学员的作用，提倡能者为师，形成互相帮助、互相切磋的良好学习气氛。

最后，预祝大家在学习中取得良好成绩，在工程与管理实践中取得实效，为大幅度提高产品可靠性水平，加速我国四个现代化的建设，不断做出新的贡献。

第二讲 可靠性概论 (一)

傅 光 民

一、可靠性工程与管理的重要意义与发展历史

实践教育我们, 可靠性, 是产品质量的重要指标, 必须给予高度重视。它的定义是: 产品在规定条件下和规定时间内, 完成规定功能的能力。也就是说, 它是用时间尺度来描述的质量, 是一个产品到了用户手里, 随着时间的推移, 能否稳定保持原有功能的问题。可靠性高, 意味着寿命长、故障少、维修费用低; 可靠性低, 意味着寿命短、故障多、维修费用高; 可靠性差, 轻则影响工作, 重则造成起火爆炸、机毁人亡等灾难性事故。对于许多产品, 我们不能只关心它的技术性能, 而且要关心它的可靠性。在某些情况下, 用户宁可适当降低性能方面的指标, 而要求有较高的可靠性。

可靠性概念的产生, 可以追溯到1939年。当时美国航空委员会提出飞机事故率的概念和要求, 这是最早的可靠性指标。1944年, 纳粹德国试制U-2火箭袭击伦敦, 有80枚火箭还没有起飞就在起飞台上爆炸。经过研究, 人们提出了火箭可靠度是所有元器件可靠度的乘积的结论, 这是最早的系统可靠性概念。

第二次世界大战中, 美国由于飞行事故损失飞机21000架, 比被击落的还要多1.5倍。1949年美国海军电子设备有70%失效, 每一个使用中的电子管, 要有9个新电子管作为备件。1955年美国国防预算30%用于维修和使用, 以后又增加到70%, 成为不堪忍受的负担。正是在这种背景下, 美国在可靠性工程与管理的理论与应用方面投入了大量的人力物力, 1950年, 成立了国防部电子设备可靠性工作组, 以后改组为国防部电子设备可靠性顾问团 (AGREE)。这个组织进行了深入的调查研究, 提出了著名的AGREE报告——美国可靠性工作的指导纲领。以后又相继成立了元器件可靠性管理委员会、失效数据中心 (FARADA)、政府与工业界数据交换网 (GIDEP) 等组织, 研究元器件失效规律, 定期发布可靠性数据, 为研制与管理决策提供依据。经过长期研究, 制订了一系列通用军用标准, 有力地指导了可靠性工程与管理实践。美国军用标准MIL-STD-785B“设备和系统研制和生产阶段可靠性计划”, 是可靠性管理标准, 对美国的可靠性管理工作发挥了重要作用。通过一系列的工作, 美国在军事装备可靠性方面处于世界领先的地位。日本从美国引入可靠性技术以后, 将军事工业方面的可靠性经验在民用工业方面推广, 取得了后来居上的显著效果。日本汽车、彩色电视机、收录机等产品所以能够占领美国以及国际市场, 性能、价格相仿而可靠性胜过一筹, 是一个决定性的因素。

我国可靠性工作起步也比较早, 50年代就建立了温热带环境暴露试验机构。1972年在这个基础上组建了我国唯一的电子产品可靠性与环境试验研究所, 着手可靠性与环境试验、失效分析、数据处理等研究工作。

70年代中期, 我国电子、机械、仪表、邮电、航天、航空、电力、三军等系统陆续开展了可靠性工作。一般都是从调查研究、可靠性教育入手, 接着是建立可靠性管理、研究、试验、数据、情报等工作机构, 制订可靠性标准, 对产品提出指令性的可靠性指标, 进行可靠性考核与可靠性试验, 对试验中发生的失效进行失效模式与机理的分析研究, 提出纠正措施,

从国际上来看,可靠性工程与管理的发展可以粗略地划分为四个阶段:

第一阶段,是调查准备阶段,主要特点是提出可靠性问题,进行基础理论研究,提出工程技术与管理方面的要求。

第二阶段,是统计试验阶段,主要特点是对元器件及整机进行可靠性试验与环境试验,对可靠性进行定量评估与分析改进;开展可靠性与维修性的工程理论研究。

第三阶段,是可靠性物理阶段,主要特点是对元器件、整机及系统进行定性与定量的失效分析,从材料、设计和制造等方面采取措施,预防失效。

第四阶段,是可靠性保证阶段,主要特点是开展系统的可靠性管理,对各个环节以及全寿命周期进行控制,实现可靠性保证。

这四个阶段,并不是截然分开的,而是互相交叉、逐步地发展与完善。即使进入了可靠性保证阶段,基础理论研究、统计试验、失效分析等工作仍有着重要作用,其本身也不断有新的发展。

可靠性之所以受到人们更大的关切和重视,主要是因为:

① 随着科学技术的迅速发展以及消费方面日益增长的需要,对电子、机械设备的功能以及自动化程度,提出了越来越高的要求,使设备的复杂程度也越来越高,使用的元器件、零部件也越来越多。最早的矿石收音机只有几个零件,半导体收音机的元器件约有100多个,电视机的元器件有几百个,通信机的元器件有几千个,机载电子设备的元器件有几万个,而大型计算机、宇航系统达到几十万到几百万个,有的大系统已达到1000万个以上。而其中某个元器件、某个焊点的失效,就足以导致整个设备以及系统的失效,并造成严重的后果。

② 随着电子、机械设备应用的日益广泛,它们的使用环境也越来越复杂和严酷。室内、室外,陆地、海洋,深海、高空,热带、寒带,车载、机载、舰载,各种环境的温度应力、机械应力、气氛应力以及电磁、核辐射等等应力越来越强,使电子设备受到严酷的考验。一旦某个应力超过了设备的强度,便将导致设备以至系统的失效。

③ 随着商品经济和贸易的发展,国内外市场的竞争日益激烈,民用、工业用产品和军用产品的用户,不仅要求产品的技术性能先进,而且要求可靠性高。国内外的专家都指出,现在和将来,市场竞争的焦点是可靠性,只有那些了解并能控制自己的产品可靠性的企业,才能在国际竞争中生存。一个可靠性差的商品,不但不可能在国际贸易中占领市场,在国内市场上也会站不住脚。产品责任法的推行,消费者组织的建立,对产品的可靠性、安全性提出了更高的要求。由于产品可靠性、安全性存在的问题所造成的人身伤害及财产损失,不但要向生产者追赔直接损失,而且要追赔间接损失,一个事故就可以导致一个企业的破产。

二、可靠性工程与管理的经济效益

美国开展可靠性工作较早,取得的效果也最为显著,特别表现在军事装备方面。通过一系列的可靠性工作,军用元器件的失效率达到了七级到九级。整机及系统的可靠性与50年代相比,提高了二~三个数量级。

日本从美国引进了可靠性技术,而且广泛用于民用产品的研制与生产,使元器件的失效率及不良率分别达到FIT (1×10^{-9} /小时)和PPM (1×10^{-6})级水平。整机产品的可靠性在国际上处于领先地位,成为打入美国市场、畅销全世界的决定因素。

我国电子、机械、仪表、邮电、航天、航空、电力等系统开展可靠性工作以后,也都取得了显著效果,元器件和整机、系统的可靠性都大幅度提高。